

Киселёв С.А., Могильников И.А., Райков Д.В., Яковлев Д.М.

ПРИМЕНЕНИЕ 3D MID-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Определение и принцип 3D MID-технологии

MID – это сокращение от molded interconnect device (англ. – литое монтажное основание). Благодаря разнообразию процессов литья под давлением и структурированной металлизации в 3D MID-детали можно напрямую интегрировать механические и электронные функции, а также оптические, жидкостные и тепловые. Изготавливать основание и формировать структуру проводников можно с помощью самых различных процессов. Основополагающий принцип 3D MID-технологии, представлен на рисунке 1.

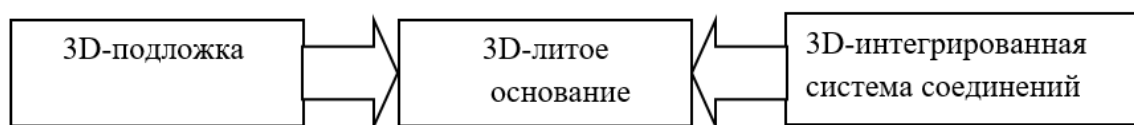


Рисунок 1 – Основополагающий принцип MID-технологии

Для понимания 3D MID-технологии, необходимо по достоинству оценить тот факт, что связь материалов составляющих деталей имеет большое значение не только для трехмерной интеграции, но и для функционального разнообразия. Для сравнения, мехатронные системы часто изготавливают путем соединения отдельных компонентов, полученных в результате традиционных методов изготовления. Функционально-интегрированные устройства такого рода представляют собой конструкции из модульных компонентов.

Несмотря на повсеместное употребление, термин «трехмерная печатная плата» не отражает преимущества 3D MID-технологии, которые основаны скорее на взаимодействии различных функций различных дисциплин, а не на расширении одной определенной области.

Существует множество разных процессов изготовления 3D MID-оснований. Во всех случаях необходимо выбирать наиболее подходящий способ в зависимости от установленных критериев. К наиболее значимым процессам относятся двухкомпонентное литье, лазерное структурирование (субтрактивное и аддитивное), горячее тиснение и литье со вставкой пленки. Также сегодня растет значение печатных технологий и плазменного структурирования.

Все эти технологии ориентированы на основной эталонный процесс изготовления 3D MID-оснований более высокого порядка (рис. 2). За трехступенчатым процессом производства заготовки для 3D MID-основания следует стадия, на которой применяется любой из методов монтажа компонентов для завершения основания. Основными способами монтажа являются пайка, монтаж на токопроводящий клей, монтаж проводных соединений и напрессовка.

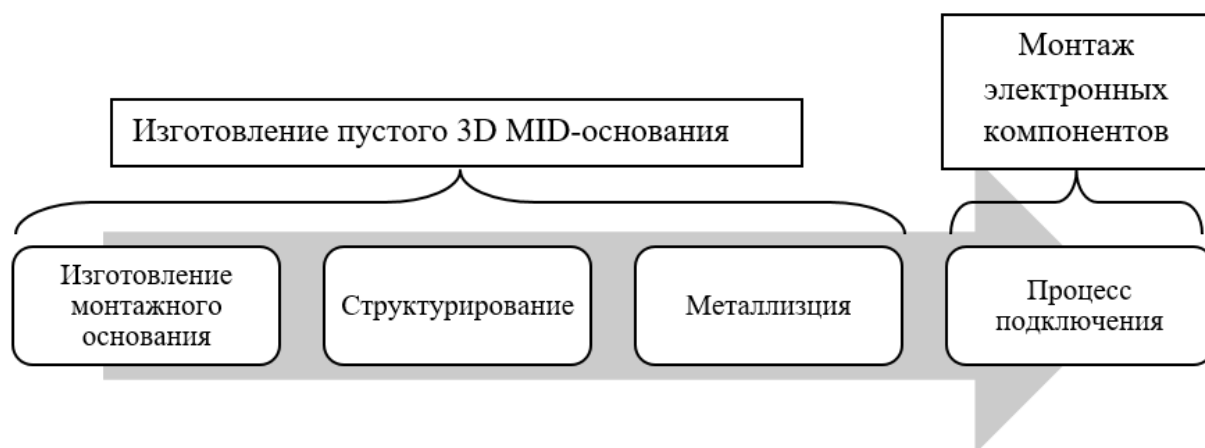


Рисунок 2 – Эталонный процесс 3D MID

Возможности 3D MID-технологии

Потенциал 3D MID-технологии основан на свободе выбора геометрической формы в сочетании с выборочным структурированием и металлизацией. Трехмерное расположение позволяет выполнить установку компонентов под определенным углом, вертикальный монтаж и точное позиционирование чипов, а также образование полостей. Таким образом, множественность вариантов расположения 3D MID-оснований позволяет интегрировать на контактную поверхность переключатели или датчики и пассивные электрические функции (в том числе емкость, индуктивность, сопротивление), а также антенны для передачи или приема электромагнитных волн. Частичная металлизация с полным охватом поверхности образует экран, защищающий от электромагнитного облучения и излучения, и теплоотводы для рассеивания избыточного тепла. Геометрическую форму основания можно модифицировать для установки узлов крепления, ребер жесткости и теплоотвода прямо на корпус (рис. 3). Таким образом, применение 3D MID-технологии вместе с усовершенствованием и функционально-ориентированной разработкой продукта имеет огромный потенциал в сфере рационализации и оптимизации структурирования продукта и производственного процесса. Следовательно, инновации продукта проводятся главным образом за счет миниатюризации и снижения массы, а также за счет упомянутого выше функционального интегри-

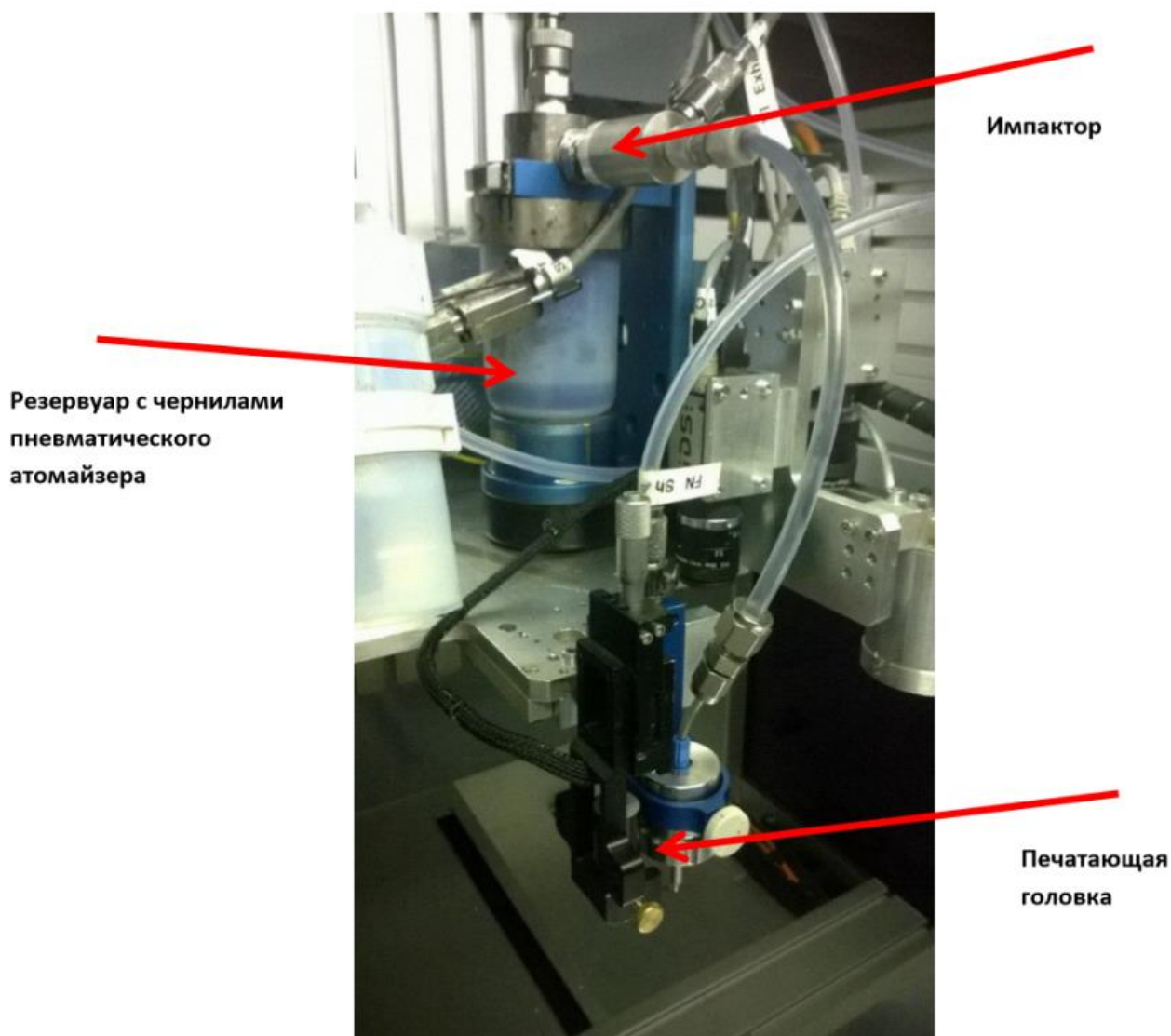


Рисунок 3 – Установка аэрозольной печати AJP -15XE.
Пневматический атомайзер с печатающей головкой

рования. Это, в свою очередь, обусловлено фактически безграничной свободой 3D-дизайна. Сокращение последовательности процесса, количества деталей, производственных затрат и многократное увеличение производительности содействуют оптимизации производственного процесса. В этом отношении основным преимуществом выступает сокращение количества контактных поверхностей посредством системного интегрирования, что оптимизирует производство и в то же время многократно увеличивает надежность. Производительность можно повысить интегрированием «системы защиты от ошибок», особенно в точках контакта 3D MID-основания с периферийными устройствами, хотя аналогичный результат достигается и сокращением количества деталей. Еще одним преимуществом является экологичность 3D MID-оснований, которые, как правило, изготавливают из термопластика,

пригодного к переработке, и не доставляют проблем при утилизации по окончании срока службы. Более того, сокращается потребление материалов и их многообразие. С одной стороны, эти преимущества способствуют сильному повышению конкурентоспособности компаний – производителей электронных или мехатронных систем, с другой – увеличивают потребительскую выгоду и количество вариантов для оптимизации всей системы, предоставляемых пользователю и производителю систем. [1]

Преимущества над смежными областями

3D MID-технология сильно отличается от технологии литых носителей со штампованными проводниками, печатной платы и пленочной технологии за счет присущего ей потенциала. Ни один из других способов не обладает такими же возможностями (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнение свойств различных технологий печатных плат

Технология	Свойства
Литые носители со штампованными проводниками	<ul style="list-style-type: none"> – высокая токопроводящая способность – высокая механическая прочность – возможен 3D-дизайн
Гибкие печатные платы	<ul style="list-style-type: none"> – малый шаг между выводами и микроперемычками – возможен изгиб/перекручивание – планарная технология, высокая пропускная способность
Печатные платы	<ul style="list-style-type: none"> – малый шаг между выводами и микроперемычками – стандартизированные процессы – многослойные системы
3D MID	<ul style="list-style-type: none"> – функциональная интеграция – свобода трехмерного дизайна – короткая последовательность процесса

Более того, на традиционные технологии сборки накладываются технические ограничения, которые 3D MID-технология может обойти, например, в отношении миниатюризации. Сдерживающими факторами традиционных технологий также являются трудности, связанные с работой с нежесткими компонентами и ограничением на сокращение количества контактных поверхностей, что представляет собой потенциально слабое место в отношении

надежности. В свою очередь, 3D MID-технология лишь условно подходит для применения в тех областях, где традиционные технологии получили широкое распространение. Выбор наиболее подходящей технологии всегда предполагает оценку требований, намеченной области применения и степени сложности устройства.

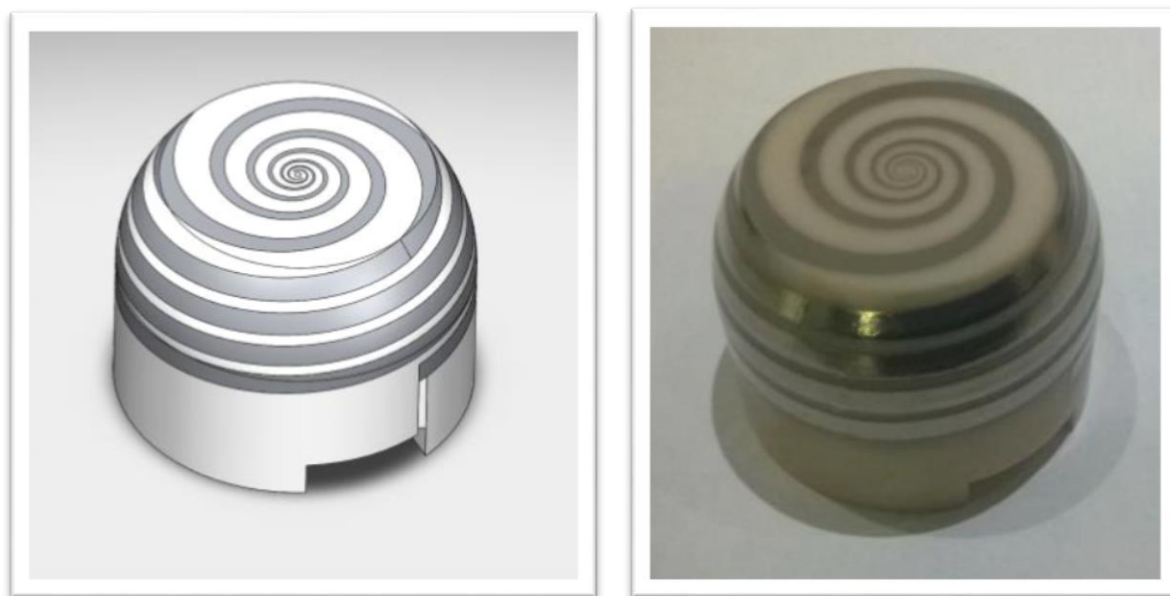


Рисунок 4 – Сравнение 3D-модели (слева)
с фотографией реального изделия (справа)

При производстве выводных рамок для штампованной электропроводной структуры из подаваемой ленты листового материала используют пуансон и матрицу в сборе. Затем саму выводящую рамку помещают в пластик. Законченный компонент представляет собой комбинацию проводников и корпус. В некоторых случаях это могут быть монтажные основания с гальваническим покрытием поверхности (например, с покрытием оловом). Литые носители со штампованными проводниками используются тогда, когда необходима высокая токопроводящая способность и механическая прочность. Их возможности миниатюризации ограничены, хотя отдельные контактные площадки могут быть очень узкими (100 мкм). Гибкие и жесткие печатные платы подходят для монтажа высокоинтегрированных компонентов с мелкими соединительными структурами и высокой плотностью упаковки и для установки в многослойные системы. Уже разработаны подробные стандарты и критерии тестирования. Материалы оснований, средства монтажа и компоненты тщательно отбираются и надежно соединяются. Доступно проектирование высокоэффективных систем для высокой производительности в двумерном производстве. Пленочную технологию часто

выбирают для случаев, когда есть вероятность того, что законченное монтажное основание будет подвергаться воздействию изгибов, закручиваний, ударов и вибрационных нагрузок.

Смежные области промышленности и области применения

Описание известных областей применения 3D MID-оснований отражает высокий уровень разнообразия в отношении имеющейся продукции, обслуживаемых отраслей промышленности и сфер применения. успешные 3D MID-приложения были реализованы на всех рынках для традиционных электронных модулей.

В частности, две отрасли демонстрируют огромный потенциал в применении высокотехнологичных 3D MID-устройств и могут считаться движущей силой развития технологии. Ввиду большого количества крупных проектов, особенно в Европе, этими отраслями является автомобильная и медицинская электроника. Для рынков IT и телекоммуникаций характерно массовое производство антенн в Азии. Еще одними областями применения 3D MID-устройств являются промышленная автоматизация и аэрокосмические технологии. В настоящее время среди множества возможных применений особое значение занимают технологии производства сенсоров и антенн. Существует большая вероятность того, что в будущем использование оптических возможностей откроет множество новых областей применения.

Смежные области промышленности [2]:

- автомобильная электроника;
- медицинская электроника;
- информационные технологии и коммуникации;
- промышленная автоматизация;
- другое.

Области применения [2]:

- сенсорная технология;
- антенны;
- 3D-проводники;
- монтажное основание/корпус;
- электросоединители;
- оптические системы.

3D MID – это технология с огромным потенциалом, значительно расширяющая возможности создания электронных систем. Она способствует

миниатюризации устройств, снижению их массы, свободе проектирования, уменьшению числа сборочных деталей. Кроме того, ввиду применяемых материалов технология является еще и более экологичной. Единственной проблемой на данный момент является относительная дороговизна и достаточное длинное время изготовления изделий, однако процессы удешевления и сокращения длительности производственного цикла уже запущены. Можно предположить, что со временем технология будет применяться еще шире, чем на данный момент.

Применение 3D MID технологии для проектирования антенны

«Центрального Конструкторского Бюро Автоматики», входящее в состав АО Корпорация «Тактическое Ракетное Вооружение», поставило задачу изготовления антенны для станции СПО Л-150-14 (Станция предупреждения о радиолокационном облучении) [3] с применением 3D MID-технологии компании «Эникон» специализирующуюся в области моделирования и прототипирования с применением 3D-технологий. Изделие СПО Л-150-14 [3] предназначено для:

- обнаружения и определения направления на облучающие радиолокационные станции (РЛС) зенитно-ракетных, зенитно-артиллерийских и авиационно-ракетных комплексов с импульсными, квазинепрерывными и непрерывными видами излучения, работающих в режиме поиска, сопровождения, подсвета цели (в том числе и на проходе);
- определения вида излучения, режима работы, радиотехнических параметров, распознавания типов обнаруженных РЛС и типов комплексов, в которые они входят;
- ранжирование обнаруженных РЛС по степени их опасности;
- управление средствами радиоэлектронного противодействия (РЭП);
- управление наведением шести головок противорадиолокационных ракет (ПРР) и выдачи им данных целеуказания;
- индикации информации о наиболее опасных РЛС и информации об управлении пуском ракет на всех этапах наведения и целеуказания ПРР;
- выдачи сигналов звуковой сигнализации экипажу о радиолокационном облучении самолета;
- диапазон рабочих частот 1,2...18 ГГц, масса изделия 47,2 кг.

Теоретические расчеты основных параметров антенны проведены специалистами компании ЭНИКОН. На основании которых была поставлена задача изготовить антенну. Процесс изготовления разделили на несколько этапов:

Первый этап. Проектирование антенны по теоретическим расчетам в программе «SOLIDWORKS» [4].

Теоретические расчеты представляли собой данные с расположением всех точек спирали антенны в пространстве. Необходимо было подобрать размеры и форму для полимерного основания. В результате создана 3D-модель в программе «SOLIDWORKS».

Второй этап. Изготовление основания методом 3D-печати.

По результатам первого этапа, 3D-модель, созданная в программе «SOLIDWORKS» легла в основу изготовления корпуса антенны. Корпуса антенны изготовлен методом 3D-печати по технологии FDM полимером UTR-9000 на установке UnionTech RSPro600.

Третий этап. Нанесение металлизированного покрытия (проводника).

Нанесение проводника было выполнено на установке аэрозольной печати AJP -15XE, внешний вид которой представлен на рисунке 3.

Установка позволяет работать как с трехмерными, так и с плоскими основаниями. Максимальная скорость перемещения сопла – 2000 мм/мин, размер рабочей области – 650x450x250 мм (X Y Z). Работать можно с различными материалами, требования к чернилам по вязкости от 1 до 1000 сП (сантипуаз), размер частиц в чернилах – 0,5 мкм.

В качестве проводящих материалов используются металлы Ag, Al, Au, Cu, Pt, Pd. Чем меньше размер наночастиц, тем ниже температура плавления, при этом атомы на поверхности частиц находятся в состоянии с высокой энергией, что позволяет им соединяться с другими частицами (диффузия в твердом состоянии) при более низких температурах. Например, для Ag: с 1000 С (в обычном состоянии) до 150 С (температура спекания) для наночастиц.

Жидкий материал (наночастицы полимерного проводящего материала, диэлектрика, проводящего эпоксидного материала в жидкости) помещается в ультразвуковой или пневматический атомайзер, который создает плотный поток частиц размерами 1-5 мкм. Сфокусированный поток с помощью защитного газа доставляется в головку и с большой скоростью распыляется на подложку, создавая элементы размером до 10 мкм. Поток газа на выходе из резервуара атомайзера слишком высокий, чтобы пропускать его через сопло. Просто откачивать газ было бы неэффективно, т.к. при этом расходуется слишком много атомизированного материала. Вместо этого используется импактор, который концентрирует аэрозоль, убирая лишний атомизирующий газ из системы. Выходное отверстие импактора направленно в печатающую головку. Защитный газ также предохраняет сопло от налипания материала. По завершении печати происходит пост-обработка – сушка, отверждение, спекание.

Заключение

На сегодняшний день, потенциал 3D MID технологии ещё не раскрыт. Актуальность её с каждым становится выше, что является стимулом к развитию соответствующих технологий и сборочного оборудования. Данную технологию нам удалось применить для изготовления антенного устройства. Технология 3D MID – технология будущего.

Библиографический список

1. Камышная Э. Н. Системный анализ 3D-MID технологий [Электронный ресурс] / Э. Н. Камышная, А. Е. Курносенко, Ю. В. Иванов // Инженерный журнал: наука и инновации : электрон. науч.-техн. изд. – 2013. – № 11 (23). – DOI: 10.18698/2308-6033-2013-11-1047. – Режим доступа: <http://engjournal.ru/catalog/it/hidden/1047.html>.
2. Франке Й. 3D MID. Материалы, технологии, свойства / Й. Франке ; пер. под ред. И. А. Волкова. – Санкт-Петербург : Профессия, 2014. – 332 с.
3. Станция предупреждения о радиолокационном облучении [Электронный ресурс] // Корпорация Тактическое Ракетное Вооружение : сайт. – Режим доступа: <http://www.ckba.net/121/>.
4. 3D CAD Design Software SolidWorks [Электронный ресурс] // SolidWorks Corporation Russia : сайт. – Режим доступа: <http://www.solidworks.ru>.